

## PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 08-281383

(43)Date of publication of application : 29.10.1996

(51)Int.Cl.

B22D 11/06  
B22D 11/04

(21)Application number : 07-082463

(71)Applicant : SUMITOMO METAL IND LTD

(22)Date of filing : 07.04.1995

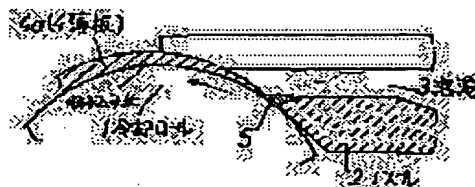
(72)Inventor : SHIRAI YOSHIOHISA  
TAKASO MASASHI  
KAWAHIGASHI FUMIO

## (54) ROLL FOR CONTINUOUSLY CASTING METALLIC STRIP

## (57)Abstract:

**PURPOSE:** To stably and continuously produce a cast strip having good quality while securing slow cooling as the nature of a thermal-sprayed roll and preventing such surface defect on a cast slab as rolled-in water and linear recessed defect by forming the thermal-sprayed film of a heat resistant metal, etc., having a specific surface roughness on the surfaces of a nozzle and a slidably moved cooling roll to the nozzle.

**CONSTITUTION:** In the roll for continuously casting a metallic strip, the thermal-sprayed film of heat resistant metal, cermet or ceramic having  $\geq 1\mu\text{m}$  surface roughness is formed on the surface of the cooling roll 1 slidably moving to the nozzle. By this constitution, a solidified shell 4a at the tip part of the nozzle is not stuck to the nozzle 2 and this solidified shell is shifted together with the cooling roll 1 as the strip 4. Therefore, the rolled-in water and a breakage are not developed. Further, since gas expanded and exhausted from blow hole in the thermal-sprayed layer is escaped through air layer between the strip 4 and the cooling roll 1, the linear recessed defect is not developed. Further, since the thermal-sprayed roll 1 is used, the solidified shell is slowly cooled and the interval defect is not developed, too.



## LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

BEST AVAILABLE COPY

[Number of appeal against examiner's decision  
of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's  
decision of rejection]

[Date of extinction of right]

Copyright (C); 1998,2003 Japan Patent Office

[JP,08-281383,A]

**\* NOTICES \***

- Japan Patent Office is not responsible for any damages caused by the use of this translation.
- 1.This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
- 2.\*\*\*\* shows the word which can not be translated.
- 3.In the drawings, any words are not translated.

---

**CLAIMS**

---

**[Claim(s)]**

**[Claim 1]** The roll for continuous casting of the metallic thin plate characterized by the surface roughness (arithmetical mean deviation of profile; Ra) making a heat-resistant metal 1 micrometers or more, a cermet, or the thermal-spraying coat of the ceramics form in said nozzle and the front face of a cooling roller on which it slides in the roll for continuous casting in which molten metal is supplied on the surface of a cooling roller through a nozzle, and sheet metal is cast continuously, contacting the nozzle made from fire-resistance to the peripheral face of a cooling roller.

---

**[Translation done.]**

**\* NOTICES \***

Japan Patent Office is not responsible for any damages caused by the use of this translation.

1. This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.

2. \*\*\*\* shows the word which can not be translated.

3. In the drawings, any words are not translated.

---

**DETAILED DESCRIPTION**

---

**[Detailed Description of the Invention]**

**[0001]**

**[Industrial Application]** This invention relates to the cooling roller used when manufacturing the sheet metal (cast piece) of various metals, such as carbon steel, stainless steel, and a copper alloy, by the continuous casting process directly from molten metal (henceforth a "molten metal").

**[0002]**

**[Description of the Prior Art]** Although there are some methods of manufacturing direct sheet metal by continuous casting from a molten metal, a molten metal is supplied to one of them at a cooling roller, and there is a method of contacting the nozzle made from fire-resistance for forming a hearth to the peripheral face of a cooling roller. In addition, it not only forcing a nozzle on a cooling roller, but separating a nozzle from a cooling roller to extent (0.3mm or less) from which a molten metal does not leak, and fixing includes the semantics of saying [ contacting a nozzle here ]. There are the three following approaches among these approaches with the location and number of cooling rollers.

**[0003]** Drawing 3 is a method (single roll method) which the nozzle 2 made from fire-resistance is contacted to one rotating cooling roller 1, and supplies a molten metal 3 to a cooling roller 1 through this nozzle 2, forms a hearth, is made to solidify a molten metal 3 on the front face of a cooling roller 1, and manufactures sheet metal 4.

**[0004]** Drawing 4 is level and a method (pouring on a congruence roll method) which the nozzle 2 made from fire-resistance which constituted the four way type from a wall in the up peripheral surface of the cooling roller 1 of the couple arranged to parallel is contacted, and supplies a molten metal 3 to a cooling roller 1 through this nozzle 2, forms a hearth, is made to solidify a molten metal 3 on the front face of the cooling roller 1 on either side, is stuck by pressure, and manufactures sheet metal 4. In this case, since there is no surface-of-hot-water location of a molten metal 3 on a cooling roller 1, even if fluctuation of some surface-of-hot-water locations arises, there is an advantage of being hard to generate fluctuation, \*\*\*\*\*, and the surface check of board thickness.

**[0005]** Drawing 5 is a method (congruence roll horizontal \*\*\*\* method) which the relative height locations of a revolving-shaft alignment differ, and the cooling roller 1 of the congruence roll bottom which axis of rotation is parallel and rotates to hard flow mutually, or both contact the nozzle 2 made from fire-resistance, supplies a molten metal 3 to a cooling roller 1 through this nozzle 2, forms a hearth, is made to solidify a molten metal 3 on the front face of the up-and-down cooling roller 1, is stuck by pressure, and manufactures sheet metal.

[0006] Since a cooling roller contacts a hot molten metal in the case of the above-mentioned method, it consisted of a copper alloy which generally carried out water cooling of the interior like the mold vibrated by the vertical disconnection currently used by the general continuous casting approach, and nickel etc. has been galvanized on the front face. When such a cooling roller is used, the shell which the cooling rate (cooling rate from a molten metal to a cooling roller) of coagulation shell was too large, and solidified deforms according to a heat shrink difference, and an air space is made between coagulation shell and a cooling roller. For this reason, coagulation shell thickness became uneven and the cavity (porosity) had occurred a crack and inside the sheet metal front face.

[0007] In order to reduce or abolish these defects and to raise the quality of sheet metal, the two following approaches are proposed. In order that one of them may be poured out on the congruence roll which arranges a side dam (fireproof plate) to the continuous casting process of sheet metal without the nozzle in contact with the peripheral face of a cooling roller, for example, the side face of a cooling roller, and forms a hearth in it, it may reduce a surface check and porosity in a method and may raise the quality of sheet metal, it is the approach (side dam method) of using the cooling roller which prepared the thermal-spraying layer in the front face (for example, JP,5-23858,B).

[0008] By this side dam approach, by the thermal-spraying layer, the cooling rate from a molten metal to a cooling roller is eased (gradual cooling), deformation by the heat shrink of the solidified shell can be controlled, the ununiformity of coagulation shell thickness can be prevented, and generating of a surface check or porosity can be reduced or abolished. However, there is no convention of roll surface roughness and there was a problem by the method shown in drawing 4 to which the nozzle made from fire-resistance which constituted the four way type from a wall in the up peripheral surface of a cooling roller was contacted. Moreover, by this side dam approach, since a surface-of-hot-water location comes on a roll as compared with the method shown in drawing 4 to which the nozzle made from fire-resistance which constituted the four way type from a wall was contacted, coagulation time is changed by surface-of-hot-water fluctuation, board thickness is changed, and there is also a problem of being easy to generate \*\*\*\*\* and a surface check.

[0009] Other one is the approach of improving the quality of sheet metal, in the sheet metal continuous casting process of a congruence roll method by preparing the irregularity of 10-200 micrometers in the front face of metal rolls, such as copper and steel, (for example, JP,62-254953,A). However, since gradual cooling of the sheet metal is not carried out since this approach has not performed thermal spraying, such as ceramics, on the surface of the cooling roller, and it is restrained by irregularity, a small crack may arise around concavo-convex and the effectiveness like said side dam approach is not acquired.

[0010] in addition, since it faces manufacturing a thin band still thinner than sheet metal and the endurance of a cooling roller is increased, ceramic thermal spraying is performed and the cooling roller which set that surface roughness to 0.1 micrometers or less is proposed -- \*\*\*\* (JP,59-61551,A) -- completely unlike the manufacture approach that the manufacture approach by which this cooling roller is applied tends to apply the cooling roller of this invention, the thickness of the cast piece which it is going to manufacture also completely differs.

[0011]

[Problem(s) to be Solved by the Invention] However, in order to raise the quality of sheet metal in the continuous casting process of sheet metal as shown in drawing 3 which supplies a molten metal on the surface of a cooling roller through this nozzle - drawing 5 , when the cooling roller which prepared the

thermal-spraying layer in the front face was used contacting the nozzle made from fire-resistance to a cooling roller, the defect on the following front faces of a cast piece occurred, and it was not able to be used positively.

[0012] first, the field-like defect (the following -- "it bites and lump crack" is called) to which it seems that the crack dragged on in the casting direction with \*\*\*\* of the sheet metal cross direction as the starting point on the sheet metal front face by the side of the cooling roller in contact with a nozzle occurs. this -- biting -- a lump crack -- number mm of pieces - it is dozens of mm, die length of several mm, and magnitude with a depth of about 0.2-1mm, and in the surface grinding of a cast piece, since it is unremovable, cutting clearance must be carried out. Therefore, the coil of predetermined die length was not obtained. Moreover, occasionally width of face attains to full [ of a cast piece ], and die length may also amount to 100mm or more, in such a case, a cast piece fractures during operation, and it becomes a shutdown.

[0013] moreover, the line prolonged in the casting direction on the sheet metal front face by the side of the cooling roller in contact with a nozzle -- a depression (a depth of 10-30 micrometers, width of face of 50-200 micrometers, die length of 20mm or more) occurs. Furthermore, a surface check (a depth of 0.1-0.3mm) is also generated along this slot. For this reason, in order to remove these cracks, the cast piece front face needed to be deleted about 0.1-0.3mm, and the yield of a product was worsened.

[0014] This invention aims at offering the thermal-spraying roll for continuous casting which can solve the above-mentioned conventional trouble at the time of using a thermal-spraying roll.

[0015]

[Means for Solving the Problem] When the sheet metal front face bit this invention persons and they considered the cause of generating of a lump crack variously by solidification structure observation etc., they acquired the following knowledge. Although coagulation shell 4a formed by cooling from a cooling roller 1 in the nozzle triple point (part which a nozzle 2, a cooling roller 1, and a molten metal 3 touch) moves with a revolution of a cooling roller 1 continuously and becomes sheet metal 4 as shown in drawing 1 A part of generated coagulation shell 4a (fixing shell 5) fixed for the nozzle 2, it grew up as it is (with a metal), and it became clear that this would bite and it would become a lump crack if it separates from a nozzle 2 and adheres to coagulation shell 4a at a certain time.

[0016] In order to prevent the fixing shell generated at the head of such a nozzle, it is required for a cooling roller to always have coagulation shell to the downstream so that the coagulation shell generated in the triple point may not fix at the head of a nozzle. Therefore, this invention persons enlarge coefficient of friction between a cooling roller and coagulation shell, namely, considered making the front face of a cooling roller coarse.

[0017] this invention persons --further -- the line on the front face of sheet metal -- many things were examined also about the cause of generation of a depression. If much pores exist in a thermal-spraying layer, a cooling roller contacts a molten metal and temperature rises, the gas (mainly air) which existed in pore will expand, and it will be emitted from a thermal-spraying front face. Like before, since an air space does not exist between a cast piece and a cooling roller when the front face of a cooling roller is flat, it is surmised that it expands, and said emitted gas cannot escape outside, but appears in a molten metal side, and generates a linear depression defect. Therefore, if the front face of a cooling roller is made coarse and an air space is prepared between a cast piece and a cooling roller, the gas which expanded can escape to the exterior (atmospheric air) through an air space.

[0018] In addition, in order that a nozzle and a cooling roller might contact and slide conventionally, it was thought that the small thing of the granularity of the front face of a cooling roller was desirable, and the surface roughness of a cooling roller was or less about  $Ra=0.1-0.5$ micrometer.

[0019] Accomplishing the roll for continuous casting of the metallic thin plate of this invention based on the above-mentioned knowledge, and contacting the nozzle made from fire-resistance to the peripheral face of a cooling roller In the roll for continuous casting in which a molten metal is supplied on the surface of a cooling roller through a nozzle, and sheet metal is cast continuously It is making into the summary for the surface roughness (arithmetical mean deviation of profile;  $Ra$ ) to have made the heat-resistant metal 1 micrometers or more, the cermet, or the thermal-spraying coat of the ceramics form in said nozzle and the front face of a cooling roller on which it slides.

[0020] Here, arithmetical-mean-deviation-of-profile  $Ra$  is the value which broke by die-length  $L$  the area which turned up the granularity profile curve of measurement die-length  $L$  with the center line, and was surrounded by the roughness curve and center line (JIS B 0601). As the method of presentation of surface roughness, there is maximum height  $R_{max}$  (spacing value between 2 straight lines when sampling in two straight lines parallel to the parallel lines of the part which sampled only criteria die-length  $L$  from the profile curve, and pinching a part). Although  $Ra$  and  $R_{max}$  do not necessarily correspond to 1 to 1, it is equivalent to about 10 micrometers by  $R_{max}$   $Ra=1$ micrometer.

[0021]

[Function] The roll for continuous casting of the metallic thin plate of this invention moves as sheet metal with a cooling roller, without the coagulation shell solidified at the nozzle head fixing for a nozzle, since the surface roughness (arithmetical mean deviation of profile;  $Ra$ ) is making the heat-resistant metal 1 micrometers or more, the cermet, or the thermal-spraying coat of the ceramics form in a nozzle and the front face of a cooling roller on which it slides. Therefore, it bites, and a lump crack is not generated and fractured. Moreover, since the gas which expanded and was emitted from the pore of a thermal-spraying layer escapes through the air space between sheet metal and a cooling roller, it does not generate a linear depression defect, either. Furthermore, since the cooling roller which carried out thermal spraying is used, coagulation shell serves as gradual cooling, and there is no ununiformity of coagulation shell thickness and it does not generate internal defects, such as a surface check and porosity,, either. thus -- if the roll for continuous casting of the metallic thin plate of this invention is used -- a front face -- it is stabilized and a good cast piece without an internal defect with sufficient description can be obtained.

[0022] making it 1.0 micrometers or more by arithmetical-mean-deviation-of-profile  $Ra$ , as it is shown in drawing 2 , when this invention persons examine the surface roughness of the thermal-spraying coat in this invention by various surface roughness -- it is -- biting -- a lump crack ( drawing 2 (a)) and a line -- it is based on the result of having traced a depression defect ( drawing 2 (b)) having been lost mostly. in drawing 2 , it bit and the lump crack generating characteristic was generated in per 1m die length of sheet metal -- biting -- the average of the lump crack number -- it is -- a line -- a depression defective generating characteristic is the average of the number of the depression generated in per sheet metal width of face of 1m.

[0023] If the surface roughness of a cooling roller becomes coarse, since the frictional force of a nozzle and the sliding part of a cooling roller becomes large, a nozzle can move or the sliding surface of a nozzle can be deleted, it is not desirable on operation. For this reason, it examined by increasing the rigidity like the fixed part of a nozzle, making pressure to the cooling roller of a nozzle small, or enlarging spacing of a

cooling roller and a nozzle a little, and solving a motion of a nozzle and the problem of a cut.

[0024] Consequently, since the pressure to the cooling roller of a nozzle will become small too much, or spacing of a cooling roller and a nozzle will become large too much, the seal nature of the molten metal between a cooling roller and a nozzle will serve as imperfection and a molten metal will leakage-come to be easy during operation even if it makes these improvements if it becomes larger than arithmetical-mean-deviation-of-profile  $Ra=10$ micrometer, it is not desirable. therefore -- biting -- a lump crack and a line -- the surface roughness of a cooling roller has desirable  $Ra=1.5-6.0$ micrometer as conditions which are stabilized and suppressed in generating of a depression defect, and do not have worries about the molten metal leakage from between a nozzle and a cooling roller. This value is equivalent to about 10-60 micrometers in  $R_{max}$  described previously.

[0025] Required predetermined surface roughness is made to the surface roughness of a thermal-spraying layer by the magnitude of the particle of a thermal spray material, the grinding after thermal-spraying construction conditions or thermal spraying, the existence of polish, the approach of polish, etc. moreover -- as the ingredient of thermal spraying --  $ZrO_2$ , aluminum  $2O_3$ ,  $Cr 2O_3$ , and  $SiO_2$ , BN and  $Si 3O_4$  etc. -- the ceramics, WC-Co, and  $ZrO_2$ -nickel etc. -- a cermet and nickel-Cr It constructs on the surface of a cooling roller so that it may become thickness required for garadual cooling of the coagulation shell for which either an alloy, the heat-resistant metals of SUS316 grade or such mixture are used. These construction thickness and thermal-spraying approaches (plasma type, arc type, explosion type) are determined in accordance with the ingredient to be used.

[0026] Moreover, in order to secure the bonding strength of the Rolls Royce reeve (base material) and a thermal-spraying layer, nickel or nickel alloy may be galvanized as a substrate (interlayer) on the surface of a sleeve, thermal-spraying construction may be carried out from it, and a thermal-spraying layer may be made to form. Moreover, when carrying out thermal spraying of the ceramics, it is nickel-Cr as a substrate further after plating. Thermal spraying of the alloy may be carried out and thermal spraying of the ceramics may be carried out from on the.

[0027]

[Example] Hereafter, it explains based on the operation result which checks the effectiveness of this invention of having gone to accumulate.

[Example 1] The cooling roller of the congruence roll horizontal \*\*\*\* method which carried out thermal-spraying construction was prepared for the front face as shown in the following table.

[0028]

[A table 1]



ロールスリーブ	材質が銅合金で、肉厚は20mm。
サイズ	上ロール=胴長250mm×直径500mm 下ロール=胴長400mm×直径600mm
溶射条件	①スリーブの上に下地（中間層）としてNiめっきを5.0μm厚さで施工。 ②上記Niめっき上に下地としてガス溶射法にて、Ni-Cr合金溶射層を50μm厚さで施工。 ③ Ni-Cr溶射層の上にプラズマ溶射法にて、ZrO <sub>2</sub> -8wt%Y <sub>2</sub> O <sub>3</sub> 溶射層を120μm厚さで施工。ZrO <sub>2</sub> -8wt%Y <sub>2</sub> O <sub>3</sub> 溶射材料（粉末）の粒径は10μm前後のものを使用した。溶射施工後、バフ研磨して表面粗さがRa=3.4μmになるようにした。
ロール表面粗さ	Ra=3.4μm

[0029] Next, the congruence roll horizontal \*\*\*\* method performed the continuous casting trial of SUS304 stainless steel using the cooling roller of the above-mentioned table 1. The nozzle which supplies a molten metal is sliding with the lower cooling roller. The operating condition at this time was as in the following table 2.

[0030]

[A table 2]

溶湯量	2トン
鑄造時の溶湯温度	1530℃
鑄造速度	50m/分
ノズルの冷却ロールへの押し付け力	0.5kg/cm <sup>2</sup>
ノズル材質	溶融珪酸質耐火物

[0031] Moreover, it is ZrO<sub>2</sub>-8wt%Y<sub>2</sub>O<sub>3</sub> similarly on the surface of a cooling roller as a comparative study. The continuous casting trial was performed on the conditions same with having described above using the cooling roller which carried out grinding so that a diamond wheel might be used and it might become 120-micrometer thickness after carrying out 200-micrometer thickness thermal-spraying construction, carried out buffing after that, and set surface roughness to Ra=0.18micrometer.

[0032] consequently, the front face of the cast piece (1.5mm in width-of-face [ of 250mm ] x thickness) obtained when the cooling roller of this invention which set surface roughness to Ra=3.4micrometer was used -- description was good, it bit and the lump crack and the crack of a crack or a depression were not able to be seen. Moreover, porosity was not able to be seen inside the cast piece. the case of the comparative study which, on the other hand, used the cooling roller which set surface roughness to

$Ra=0.18$ micrometer -- the underside of a cast piece -- biting -- a lump crack -- a large number (2-5 per 1m die length of cast pieces) generating -- carrying out -- further -- a line -- the slot occurred on the whole surface. For this reason, a product was not able to be built from this cast piece.

[0033] [Example 2] By the same cooling roller and same operating condition as the above-mentioned example 1, it examined by changing the surface roughness of a cooling roller variously between  $Ra=0.13$ -7.9micrometers. the result is shown in drawing 2 -- as -- biting -- a lump crack and a line -- in the case of beyond [ of a cooling roller ] surface roughness  $Ra=1.0$ micrometer, the depression defect was lost mostly, and was not generated at all in 1.5 micrometers or more. In addition, although the nozzle moved 0.5-0.8mm during operation to the hand of cut of a cooling roller when surface roughness  $Ra$  exceeded 6 micrometers, it did not result in the trouble (surface roughness  $Ra$  is 0.2mm or less at 6 micrometers or less).

[0034]

[Effect of the Invention] As explained above, biting it, the roll for continuous casting of the metallic thin plate of this invention securing gradual cooling of thermal-spraying roll original, and preventing the surface discontinuity of a cast piece called a lump crack and a linear depression defect, since the surface roughness (arithmetical mean deviation of profile:  $Ra$ ) is making the heat-resistant metal 1 micrometers or more, the cermet, or the thermal-spraying coat of the ceramics form in a nozzle and the front face of a cooling roller on which it slides, it is stabilized and can manufacture the good cast piece of quality continuously.

---

[Translation done.]

**\* NOTICES \***

Japan Patent Office is not responsible for any damages caused by the use of this translation.

1. This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.

2. \*\*\*\* shows the word which can not be translated.

3. In the drawings, any words are not translated.

---

**DESCRIPTION OF DRAWINGS**

---

[Brief Description of the Drawings]

[Drawing 1] It bites and is guess drawing of the mechanism of lump crack generating.

[Drawing 2] drawing in which (a's) having bit with surface roughness Ra of a cooling roller, and having shown the relation of the generating situation of a lump crack, and (b) -- surface roughness Ra of a cooling roller, and a line -- it is drawing having shown the relation of the generating situation of a depression crack.

[Drawing 3] It is the conceptual diagram of a single roll method.

[Drawing 4] It pours on a congruence roll and is the conceptual diagram of a method.

[Drawing 5] It is the conceptual diagram of a congruence roll horizontal \*\*\*\* method.

[Description of Notations]

1 Cooling Roller

2 Nozzle

3 Molten Metal

4 Sheet Metal

---

[Translation done.]

(19)日本国特許庁 (J P)

(12) 公 開 特 許 公 報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開平8-281383

(43)公開日 平成8年(1996)10月29日

(51)Int.Cl. <sup>6</sup>	識別記号	庁内整理番号	F I	技術表示箇所
B 2 2 D 11/06	3 3 0		B 2 2 D 11/06	3 3 0 A
				3 3 0 B
11/04	3 1 2		11/04	3 1 2 D

審査請求 未請求 請求項の数1 O L (全 6 頁)

(21)出願番号 特願平7-82463

(22)出願日 平成7年(1995)4月7日

(71)出願人 000002118

住友金属工業株式会社

大阪府大阪市中央区北浜4丁目5番33号

(72)発明者 白井 善久

大阪府大阪市中央区北浜4丁目5番33号

住友金属工業株式会社内

(72)発明者 高祖 正志

大阪府大阪市中央区北浜4丁目5番33号

住友金属工業株式会社内

(72)発明者 川東 文雄

大阪府大阪市中央区北浜4丁目5番33号

住友金属工業株式会社内

(74)代理人 弁理士 溝上 満好 (外2名)

(54)【発明の名称】 金属薄板の連続铸造用ロール

(57)【要約】

【目的】 溶射ロール本来の緩冷却を確保しつつ、噛み込み疵や線状の凹み欠陥という铸片の表面欠陥を防止しつつ、品質の良好な铸片を安定して連続的に製造できる冷却ロールを提供すること。

【構成】 耐火製ノズル2を冷却ロール1の外周面に接触させつつ、ノズル2を介して溶湯3を冷却ロール1の表面に供給し、薄板4を連続的に铸造する連続铸造用ロールである。ノズル2と摺動する冷却ロール1の表面に、その表面粗さ(中心線平均粗さ; Ra)が1 $\mu$ m以上の耐熱金属、サーメット又はセラミックスの溶射被膜を形成させる。

(2)

## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 耐火製ノズルを冷却ロールの外周面に接触させつつ、ノズルを介して熔融金属を冷却ロールの表面に供給し、薄板を連続的に铸造する連続铸造用ロールにおいて、前記ノズルと摺動する冷却ロールの表面に、その表面粗さ（中心線平均粗さ；Ra）が $1\mu\text{m}$ 以上の耐熱金属、サーメット又はセラミックスの溶射被膜を形成させたことを特徴とする金属薄板の連続铸造用ロール。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【産業上の利用分野】本発明は、炭素鋼、ステンレス鋼や銅合金等の各種金属の薄板（鑄片）を熔融金属（以下、「溶湯」という）から直接、連続铸造法によって製造する場合に使用する冷却ロールに関するものである。

## 【0002】

【従来の技術】溶湯から直接薄板を連続铸造によって製造する方法はいくつかあるが、その中の一つに溶湯を冷却ロールに供給し、湯溜まりを形成するための耐火製ノズルを冷却ロールの外周面に接触させる方法がある。なお、ここでノズルを接触させるということの意味は、ノズルを冷却ロールに押し付けることだけでなく、ノズルを溶湯が漏れない程度（ $0.3\text{mm}$ 以下）に冷却ロールから離して固定することも含んでいる。この方法には、冷却ロールの位置や数によって下記の3つの方法がある。

【0003】図3は回転する1つの冷却ロール1に耐火製ノズル2を接触させて、このノズル2を介し溶湯3を冷却ロール1に供給して湯溜まりを形成し、冷却ロール1の表面で溶湯3を凝固させて薄板4を製造する方式（単ロール方式）である。

【0004】図4は水平かつ平行に配置した一対の冷却ロール1の上部周面に四方を壁部で構成した耐火製ノズル2を接触させ、このノズル2を介し溶湯3を冷却ロール1に供給して湯溜まりを形成し、左右の冷却ロール1の表面で溶湯3を凝固させて圧着して薄板4を製造する方式（双ロール上注ぎ方式）である。この場合、溶湯3の湯面位置が冷却ロール1上にないので、多少の湯面位置の変動が生じて、板厚の変動、湯じわや表面割れが発生しにくい等の利点がある。

【0005】図5は回転軸心の相対高さ位置が異なり、かつ回転軸線が平行で互いに逆方向に回転する双ロールの下側の冷却ロール1だけ、あるいは両方ともに耐火製ノズル2を接触させ、このノズル2を介し溶湯3を冷却ロール1に供給して湯溜まりを形成し、上下の冷却ロール1の表面で溶湯3を凝固させて圧着し、薄板を製造する方式（双ロール横注ぎ方式）である。

【0006】上記した方式の場合、冷却ロールは高温の溶湯と接触するので、一般的な連続铸造方法で使用されている上下開放で振動させる鑄型と同様、一般的には内部を水冷した銅合金からなり、表面にNi等のめっきを施

2

している。このような冷却ロールを使用した場合、凝固シェルの冷却速度（溶湯から冷却ロールへの抜熱速度）が大き過ぎて、凝固したシェルが熱収縮差により変形して凝固シェルと冷却ロール間に空気層ができる。このため、凝固シェル厚さが不均一となり、薄板表面の割れや内部に空洞（ポロシティ）が発生していた。

【0007】これらの欠陥を低減あるいは無くして薄板の品質を向上させるために、下記の2つの方法が提案されている。その1つは、冷却ロールの外周面と接触するノズルがない薄板の連続铸造法、例えば冷却ロールの側面にサイドダム（耐火板）を配置して湯溜まりを形成する双ロール上注ぎ方式において、表面割れやポロシティを低減して薄板の品質を向上させるために、表面に溶射層を設けた冷却ロールを使用する方法（サイドダム方式）である（例えば特公平5-23858号）。

【0008】このサイドダム方法では、溶射層によって溶湯から冷却ロールへの抜熱速度を緩和（緩冷却）して、凝固したシェルの熱収縮による変形を抑制し、凝固シェル厚さの不均一を防止して、表面割れやポロシティの発生を低減あるいはなくすることができる。しかし、ロール表面粗さの規定がなく、冷却ロールの上部周面に四方を壁部で構成した耐火製ノズルを接触させた図4に示す方式では問題があった。また、このサイドダム方法では、四方を壁部で構成した耐火製ノズルを接触させた図4に示す方式と比較して、湯面位置がロール上になるので、湯面変動により凝固時間が変動して板厚が変動し、湯じわや表面割れが発生しやすいという問題もある。

【0009】他の1つは、双ロール方式の薄板連続铸造法において、銅、鋼等の金属製ロールの表面に $10\sim 200\mu\text{m}$ の凹凸を設けることによって薄板の品質を改善する方法である（例えば特開昭62-254953号）。しかし、この方法は冷却ロールの表面にセラミックス等の溶射を施していないので薄板は緩冷却されず、また凹凸により拘束されるので、凹凸の周囲で小さな割れが生じる場合があり、前記サイドダム方法ほどの効果は得られていない。

【0010】なお、薄板よりもさらに薄い薄帯を製造するに際し、冷却ロールの耐久性を増すために、セラミックス溶射を施し、その表面粗さを $0.1\mu\text{m}$ 以下とした冷却ロールが提案されている（特開昭59-61551号）が、この冷却ロールが適用される製造方法は本発明の冷却ロールを適用しようとする製造方法とは全く異なり、また、製造しようとする鑄片の厚さも全く異なるものである。

## 【0011】

【発明が解決しようとする課題】しかしながら、耐火製ノズルを冷却ロールに接触させつつ、このノズルを介して溶湯を冷却ロールの表面に供給する図3～図5に示したような薄板の連続铸造法において、薄板の品質を向上させるために、表面に溶射層を設けた冷却ロールを使用

10

20

30

40

50

(3)

した場合には、以下のような鑄片表面の欠陥が発生し、積極的に使用できなかった。

【0012】まず、ノズルと接触する冷却ロール側の薄板表面に、薄板幅方向の線状を起点として疵が鑄造方向に尾を引いたように見える面状欠陥（以下、「噛み込み疵」と称する）が発生する。この噛み込み疵は、幅数mm～数十mm、長さ数mm、深さ0.2～1mm程度の大きさであり、鑄片の表面研削では除去できないので切断除去しなければならない。従って、所定の長さのコイルが得られなかった。また、時には幅が鑄片の全幅に及び、また長さも100mm以上に達する場合もあり、このような場合には操業中に鑄片が破断し、操業停止になる。

【0013】また、ノズルと接触する冷却ロール側の薄板表面に鑄造方向に延びる線状凹み（深さ10～30μm、幅50～200μm、長さ20mm以上）が発生する。さらにこの溝に沿って表面割れ（深さ0.1～0.3mm）も発生する。このため、これらの疵を除去するために、鑄片表面を0.1～0.3mm程度削る必要があり、製品の歩留りを悪くしていた。

【0014】本発明は、溶射ロールを使用した場合における上記した従来の問題点を解決できる、連続鑄造用の溶射ロールを提供することを目的としている。

【0015】

【課題を解決するための手段】本発明者らは、薄板表面の噛み込み疵の発生原因を凝固組織観察等により種々検討したところ、次のような知見を得た。図1に示すように、ノズル三重点（ノズル2、冷却ロール1、溶湯3が接する部分）で冷却ロール1からの抜熱により形成した凝固シェル4aが連続して冷却ロール1の回転とともに移動して薄板4になるのであるが、生成した凝固シェル4aの一部（固着シェル5）がノズル2に固着して（地金付き）そのまま成長し、ある時、ノズル2から離れて凝固シェル4aにくっつくと、これが噛み込み疵となることが判明した。

【0016】このようなノズルの先端に生成する固着シェルの防止するために、三重点で生成した凝固シェルがノズルの先端に固着しないように、冷却ロールが常に凝固シェルを下流側へ持ってゆくようにすることが必要である。そのため、本発明者らは冷却ロールと凝固シェル間の摩擦係数を大きくする、すなわち冷却ロールの表面を粗くすることを考えた。

【0017】本発明者らは、さらに薄板表面の線状凹みの生成原因についても種々検討を行った。溶射層内には気孔が多数存在し、冷却ロールが溶湯と接触して温度が上昇すると気孔内に存在したガス（主に空気）が膨張して溶射表面から放出される。従来のように、冷却ロールの表面が平坦な場合には鑄片と冷却ロール間には空気層が存在しないので、前記膨張し放出したガスは外部に逃げられず、溶湯側に出て線状の凹み欠陥を生成すると推

測される。従って、冷却ロールの表面を粗くして、鑄片と冷却ロール間に空気層を設ければ、膨張したガスは空気層を通して外部（大気）へ逃げるができる。

【0018】なお、従来は、ノズルと冷却ロールが接触して摺動するために、冷却ロールの表面の粗さは小さいものが望ましいと考えられており、冷却ロールの表面粗さは $Ra=0.1\sim0.5\mu m$ 程度以下であった。

【0019】本発明の金属薄板の連続鑄造用ロールは上記した知見に基づいて成されたものであり、耐火製ノズルを冷却ロールの外周面に接触させつつ、ノズルを介して溶湯を冷却ロールの表面に供給し、薄板を連続的に鑄造する連続鑄造用ロールにおいて、前記ノズルと摺動する冷却ロールの表面に、その表面粗さ（中心線平均粗さ； $Ra$ ）が $1\mu m$ 以上の耐熱金属、サーメット又はセラミックスの溶射被膜を形成させたことを要旨としている。

【0020】ここで、中心線平均粗さ $Ra$ とは、測定長さ $L$ の粗さ断面曲線を中心線で折り返し、その粗さ曲線と中心線に囲まれた面積を長さ $L$ で割った値である（JIS B 0601）。表面粗さの表示方法としては、最大高さ $R_{max}$ （断面曲線から基準長さ $L$ だけ抜き取った部分の平行線に平行な2直線で抜き取り部分を挟んだときの2直線間の間隔値）がある。 $Ra$ と $R_{max}$ は必ずしも1対1に対応しないが、 $Ra=1\mu m$ は $R_{max}$ でおよそ $10\mu m$ に相当する。

【0021】

【作用】本発明の金属薄板の連続鑄造用ロールは、ノズルと摺動する冷却ロールの表面に、その表面粗さ（中心線平均粗さ； $Ra$ ）が $1\mu m$ 以上の耐熱金属、サーメット又はセラミックスの溶射被膜を形成させているので、ノズル先端で凝固する凝固シェルがノズルに固着することなく、冷却ロールとともに薄板として移動する。従って、噛み込み疵は生成せず、破断することもない。また、膨張して溶射層の気孔から放出されたガスは薄板と冷却ロール間の空気層を通して逃げるので、線状の凹み欠陥も発生しない。さらに、溶射した冷却ロールを使用しているため、凝固シェルは緩冷却となって凝固シェル厚さの不均一はなく、表面割れやポロシティ等の内部欠陥も発生しない。このように、本発明の金属薄板の連続鑄造用ロールを使用すれば、表面性状の良い、内部欠陥の無い良好な鑄片を安定して得ることができる。

【0022】本発明における溶射被膜の表面粗さは、本発明者らが種々の表面粗さで試験したところ、図2に示すように、中心線平均粗さ $Ra$ で $1.0\mu m$ 以上にすることで、噛み込み疵（図2（a））と線状凹み欠陥（図2（b））がほぼなくなることを突き止めた結果に基づくものである。図2において、噛み込み疵発生指数は、薄板1m長さ当たり発生した噛み込み疵個数の平均であり、線状凹み欠陥発生指数は、薄板幅1m当たり発生した凹みの本数の平均である。

(4)

5

【0023】冷却ロールの表面粗さが粗くなると、ノズルと冷却ロールの摺動部分の摩擦力が大きくなり、ノズルが動いたり、ノズルの摺動面が削れたりするので、操業上好ましくない。このため、ノズルの固定部位の剛性を増加したり、ノズルの冷却ロールへの押し付け力を小さくしたり、あるいは冷却ロールとノズルの間隔をやや大きくしたりして、ノズルの動きや切削の問題を改善して試験を行った。

【0024】その結果、中心線平均粗さ $R_a=10\mu\text{m}$ より大きくなると、これらの改善を行ってもノズルの冷却ロールへの押し付け力が小さくなりすぎたり、あるいは冷却ロールとノズルの間隔が大きくなりすぎたりして、冷却ロールとノズル間の溶湯のシール性が不十分となって操業中に溶湯が漏れやすくなるので、好ましくない。従って、噛み込み疵や線状凹み欠陥の発生を安定して抑えられ、かつノズルと冷却ロール間からの溶湯漏れの心配が全くない条件として、冷却ロールの表面粗さは $R_a=1.5\sim6.0\mu\text{m}$ が望ましい。この値は先に述べた $R_{max}$ ではおよそ $10\sim60\mu\text{m}$ に相当する。

【0025】溶射層の表面粗さは、溶射材料の粒子の大きさ、溶射施工条件や溶射後の研削、研磨の有無、研磨の方法等によって必要な所定の表面粗さに仕上げる。ま \*

6

\*た、溶射の材料としては、 $\text{ZrO}_2$ 、 $\text{Al}_2\text{O}_3$ 、 $\text{Cr}_2\text{O}_3$ 、 $\text{SiO}_2$ 、 $\text{BN}$ 、 $\text{Si}_3\text{O}_4$ 等のセラミックス、 $\text{WC-Co}$ 、 $\text{ZrO}_2\text{-Ni}$ 等のサーメット、 $\text{Ni-Cr}$ 合金、 $\text{SUS316}$ 等の耐熱金属、あるいはこれらの混合物のいずれかが用いられる、凝固シェルの緩冷却に必要な厚さになるように冷却ロールの表面に施工する。これらの施工厚さや溶射方法（プラズマ式、アーク式、爆発式）は使用する材料にあわせて決定する。

【0026】また、ロールスリーブ（母材）と溶射層の接合強度を確保するために、スリーブの表面に $\text{Ni}$ または $\text{Ni}$ 合金を下地（中間層）としてめっきし、その上から溶射施工して溶射層を形成させてもよい。また、セラミックスを溶射する場合は、めっき後さらに下地として $\text{Ni-Cr}$ 合金を溶射してその上からセラミックスを溶射してもよい。

【0027】

【実施例】以下、本発明の効果を確認するために行った実施結果に基づいて説明する。

【実施例1】下記表に示すような、表面に溶射施工した双ロール横注ぎ方式の冷却ロールを準備した。

【0028】

【表1】

ロールスリーブ	材質が銅合金で、肉厚は20mm。
サイズ	上ロール=胴長250mm×直径500mm 下ロール=胴長400mm×直径600mm
溶射条件	①スリーブの上に下地（中間層）として $\text{Ni}$ めっきを $50\mu\text{m}$ 厚さで施工。 ②上記 $\text{Ni}$ めっき上に下地としてガス溶射法にて、 $\text{Ni-Cr}$ 合金溶射層を $50\mu\text{m}$ 厚さで施工。 ③ $\text{Ni-Cr}$ 溶射層の上にプラズマ溶射法にて、 $\text{ZrO}_2\text{-8wt\%Y}_2\text{O}_3$ 溶射層を $120\mu\text{m}$ 厚さで施工。 $\text{ZrO}_2\text{-8wt\%Y}_2\text{O}_3$ 溶射材料（粉末）の粒径は $10\mu\text{m}$ 前後のものを使用した。溶射施工後、バフ研磨して表面粗さが $R_a=3.4\mu\text{m}$ になるようにした。
ロール表面粗さ	$R_a=3.4\mu\text{m}$

【0029】次に上記表1の冷却ロールを使用して双ロール横注ぎ方式で $\text{SUS304}$ ステンレス鋼の連続铸造試験を行った。溶湯を供給するノズルは下側の冷却ロールと摺動している。この時の操業条件は下記表2の通りであつ

た。

【0030】

【表2】

(5)

7

8

溶湯量	2トン
鑄造時の溶湯温度	1530℃
鑄造速度	50m/分
ノズルの冷却ロールへの押し付け力	0.5kg/cm <sup>2</sup>
ノズル材質	溶融珪酸質耐火物

【0031】また、比較試験として、冷却ロールの表面に同様に $ZrO_2$ -8wt% $Y_2O_3$ を200 $\mu$ m厚さ溶射施工した後にダイヤモンド砥石を用いて120 $\mu$ m厚さとなるように研削し、その後バフ研磨して表面粗さを $Ra=0.18\mu$ mとした冷却ロールを用いて前記したと同様の条件で連続鑄造試験を行った。

【0032】この結果、表面粗さを $Ra=3.4\mu$ mにした本発明の冷却ロールを使用した場合には、得られた鑄片(幅250mm×厚さ1.5mm)の表面性状は良好で、噛み込み疵、割れや凹みの疵は見受けられなかった。また、鑄片内部にもポロシティは見受けられなかった。一方、表面粗さを $Ra=0.18\mu$ mにした冷却ロールを使用した比較試験の場合には、鑄片の下面に噛み込み疵が多数(鑄片1m長さ当たり2~5個)発生し、さらに線状溝が全面に発生した。このため、この鑄片から製品を造ることはできなかった。

【0033】〔実施例2〕上記した実施例1と同じ冷却ロール及び操業条件により、冷却ロールの表面粗さを $Ra=0.13\sim 7.9\mu$ mの間で種々変更して試験を行った。その結果は、図2に示すように、噛み込み疵や線状凹み欠陥は冷却ロールの表面粗さ $Ra=1.0\mu$ m以上の場合にはほぼなくなり、1.5 $\mu$ m以上では全く発生しなかった。なお、表面粗さ $Ra$ が6 $\mu$ mを超えると、操業中にノズルが冷却ロールの回転方向へ0.5~0.8m移動したが、トラブルには至らなかった(表面粗さ $Ra$

が6 $\mu$ m以下では0.2mm以下)。

【0034】

【発明の効果】以上説明したように、本発明の金属薄板の連続鑄造用ロールは、ノズルと摺動する冷却ロールの表面に、その表面粗さ(中心線平均粗さ; $Ra$ )が1 $\mu$ m以上の耐熱金属、サーメット又はセラミックスの溶射被膜を形成させているので、溶射ロール本来の緩冷却を確保しつつ、噛み込み疵や線状の凹み欠陥という鑄片の表面欠陥を防止しつつ、品質の良好な鑄片を安定して連続的に製造できる。

【図面の簡単な説明】

【図1】噛み込み疵発生メカニズムの推測図である。

【図2】(a)は冷却ロールの表面粗さ $Ra$ と噛み込み疵の発生状況の関係を示した図、(b)は冷却ロールの表面粗さ $Ra$ と線状凹み疵の発生状況の関係を示した図である。

【図3】単ロール方式の概念図である。

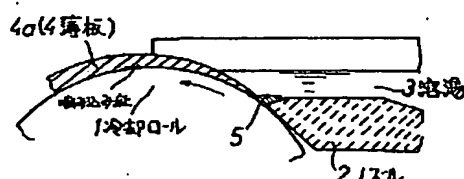
【図4】双ロール上注ぎ方式の概念図である。

【図5】双ロール横注ぎ方式の概念図である。

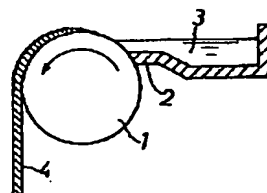
【符号の説明】

- 1 冷却ロール
- 2 ノズル
- 3 溶湯
- 4 薄板

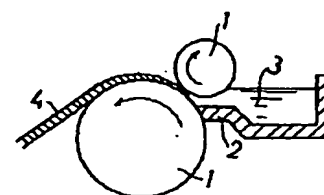
【図1】



【図3】



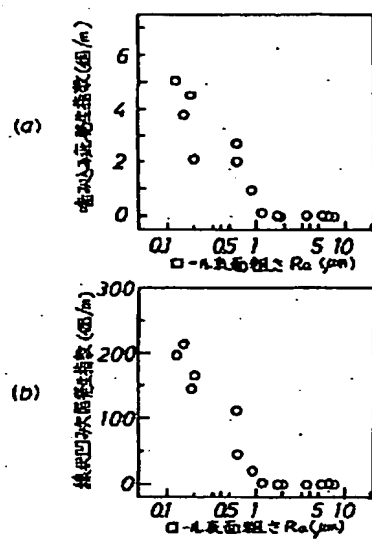
【図5】





(6)

【図2】



【図4】

